

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## MACHINE-ASSISTED TRANSLATION (MAT):

(19) 【発行国】 日本国特許庁 (JP)	(19)[ISSUING COUNTRY] Japanese Patent Office (JP)
(12) 【公報種別】 公開特許公報 (A)	Laid-open (kokai) patent application number (A)
(11) 【公開番号】 特開平 7 - 288334	(11)[UNEXAMINED PATENT NUMBER] Unexamined Japanese Patent 7-288334
(43) 【公開日】 平成 7 年 (1995) 10 月 31 日	(43)[DATE OF FIRST PUBLICATION] October 31st, Heisei 7 (1995)
(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体受光素子	(54)[TITLE] Gallium-nitride group compound semiconductor light receiving element
(51) 【国際特許分類第 6 版】 H01L 31/10 31/04	(51)[IPC] H01L 31/1031/04
【FI】 H01L 31/10 A 31/04 E	[FI] H01L 31/10 A 31/04 E
【審査請求】 未請求	[EXAMINATION REQUEST] UNREQUESTED
【請求項の数】 3	[NUMBER OF CLAIMS] Three
【出願形態】 OL	[Application form] OL
【全頁数】 4	[NUMBER OF PAGES] Four
(21) 【出願番号】 特願平 6 - 78294	(21)[APPLICATION NUMBER] Japanese Patent Application No. 6-78294
(22) 【出願日】	(22)[DATE OF FILING]

平成6年(1994)4月18日 April 18th, Heisei 6 (1994)

(71)【出願人】

(71)[PATENTEE/ASSIGNEE]

【識別番号】

000226057

[ID CODE]

000226057

【氏名又は名称】

日亜化学工業株式会社

Nichia Chem Ind Ltd.

【住所又は居所】

徳島県阿南市上中町岡491番  
地100

[ADDRESS]

(72)【発明者】

(72)[INVENTOR]

【氏名】 中村 修二

Nakamura Shuji

【住所又は居所】

徳島県阿南市上中町岡491番  
地100 日亜化学工業株式会  
社内

[ADDRESS]

(57)【要約】 (修正有)

(57)[SUMMARY] (Amended)

【目的】

近紫外から赤色領域まで幅広い  
領域に感度を有し、また信頼性  
に優れた受光素子を提供する近  
紫外から赤色領域まで幅広い領  
域に感度を有し、また信頼性に  
優れた受光素子を提供する。

[OBJECT]

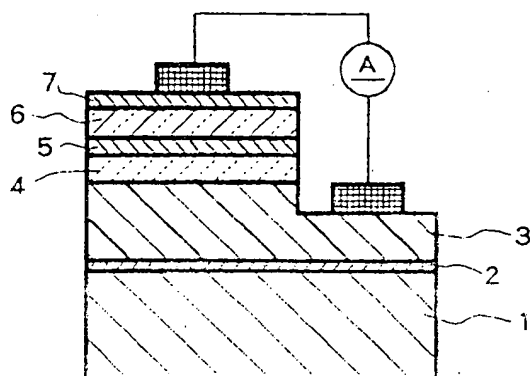
To provide a light receiving element excellent  
in reliability which has sensitivity in the wide  
area from near ultraviolet area to red area.

【構成】

n型窒化ガリウム系化合物半導  
体層4とp型窒化ガリウム系化  
合物半導体層6との間に、受光  
層5として $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層( $0 < X < 1$ )が挟まれたダブルヘ  
テロ構造を有する。

[SUMMARY OF THE INVENTION]

It has a double heterostructure, where an  
 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer ( $0 < X < 1$ ) is pinched as a light-  
receiving layer 5 between a n-type gallium  
nitride group compound semiconductor layer 4  
and a p-type gallium nitride group compound  
semiconductor layer 6.



## 【特許請求の範囲】

## [CLAIMS]

## 【請求項 1】

n型窒化ガリウム系化合物半導体層とp型窒化ガリウム系化合物半導体層との間に、受光層として $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 ( $0 < x < 1$ ) が挟まれたダブルヘテロ構造を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体受光素子。

## [CLAIM 1]

A gallium nitride group compound semiconductor light receiving element, characterized by having a double heterostructure where an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer ( $0 < x < 1$ ) is pinched as a light-receiving layer between a n-type gallium nitride group compound semiconductor layer and a p-type gallium nitride group compound semiconductor layer.

## 【請求項 2】

前記n型窒化ガリウム系化合物半導体層が $\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) であり、前記p型窒化ガリウム系化合物半導体層が $\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z\text{N}$  ( $0 \leq z \leq 1$ ) であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体受光素子。

## [CLAIM 2]

A gallium nitride group compound semiconductor light receiving element according to Claim 1, wherein said n-type gallium nitride group compound semiconductor layer is a  $\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$  ( $0 \leq y < 1$ ), and said p-type gallium nitride group compound semiconductor layer is a  $\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z\text{N}$  ( $0 \leq z < 1$ ).

## 【請求項 3】

前記窒化ガリウム系化合物半導体受光素子はサファイアを基板として有していることを特徴と

## [CLAIM 3]

A gallium nitride group compound semiconductor light receiving element according to Claim 1 or Claim 2, wherein said gallium nitride group compound semiconductor

する請求項 1 または請求項 2 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体受光素子。 light receiving element has a sapphire as a substrate.

## 【発明の詳細な説明】

## [DETAILED DESCRIPTION OF INVENTION]

【0001】

[0001]

## 【産業上の利用分野】

## [INDUSTRIAL APPLICATION]

本発明は太陽電池、フォトダイオード等を使用される半導体受光素子に関し、特に窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ,  $0 \leq a \leq 1$ ,  $0 \leq b \leq 1$ ,  $a+b \leq 1$ ) よりなり 365 nm ~ 635 nm の特定波長に感度を有する受光素子に関する。

This invention relates to the semiconductor light receiving element used for a solar battery, a photodiode, etc.

Especially, it is related with the light receiving element which consists of a gallium nitride group compound semiconductor ( $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ,  $0 \leq a \leq 1$ ,  $0 \leq b \leq 1$ ,  $a+b \leq 1$ ), and has a sensitivity in specific wavelength of 365 nm - 635 nm.

【0002】

[0002]

## 【従来の技術】

## [PRIOR ART]

太陽電池、フォトダイオード等の受光素子には一般に半導体材料が使用されている。例えば太陽電池には GaP、CdS/Cu<sub>2</sub>S、Si、アモルファスシリコン等の材料が知られている。これら半導体材料はいずれも 500 nm 以上の波長に感度を有する材料であり、500 nm より短い波長に感度を有する実用的な材料は余り知られていない。500 nm より短い波長に感度を有する材料として、例えば SiC が知られているが、SiC は間接遷移型であるために変換効率が悪く、400 nm 以下の紫外用フォトダイオードに

The semiconductor material is generally used for light receiving elements, such as a solar battery and a photodiode.

For example, material, such as GaP, CdS/Cu<sub>2</sub>S, Si, and an amorphous silicon, is known by the solar battery.

Each of these semiconductor materials is material which has a sensitivity in wavelength of 500 nm or more.

A practical material which has a sensitivity on a wavelength shorter than 500 nm is seldom known.

As the material which has a sensitivity on a wavelength shorter than 500 nm, for example, SiC is known.

However, since SiC is an indirect transition type, the conversion efficiency is bad and it is the present condition that only the photodiode for ultraviolet 400 nm or less utilises.

しか実用化されていないのが現状である。

#### [0003]

このように従来の受光素子の材料には間接遷移型のものが多く、間接遷移型では変換効率の大幅な向上を望むのは難しい。また従来の材料は熱、雰囲気等に対し劣化しやすいため、例えば宇宙開発に使用する半導体材料としては不安があり、雰囲気等の外部条件の変化に対し劣化しにくい半導体材料が求められている。

#### [0004]

ところで、我々は昨年11月下旬、世界で初めて1cd以上の光度を有する波長450nmの青色発光ダイオードを発表した。その青色発光ダイオードは窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ,  $0 \leq a \leq 1$ ,  $0 \leq b \leq 1$ ,  $a+b \leq 1$ ) よりなり、発光層に  $\text{InGa}\text{N}$  を用いたダブルヘテロ構造としている。

#### [0005]

窒化ガリウム系化合物半導体は6.0eV ( $\text{AlN}$ ) ~ 1.95eV ( $\text{InN}$ ) までの広範囲なバンドギャップエネルギーを有する材料として知られていたが、窒化ガリウム系化合物半導体に格子整合する適当な基板がなかったために、実用化には難しい材料と考えられていた。しかしながら、我々が格子整合しないサファイア基板を用いて実用化に初めて成功したため、急

#### [0003]

Thus the material of the conventional light receiving element has many things of an indirect transition type. It is hard to desire the large improvement in the conversion efficiency in an indirect transition type.

Moreover since it is easy to deteriorate to heat, atmosphere, etc., the conventional material has an anxiety as a semiconductor material used for a space exploration.

It is required for the semiconductor material which seldom deteriorates to a change of external conditions, such as atmosphere.

#### [0004]

By the way, we published the blue light emitting diode with a wavelength of 450 nm which has the luminous intensity of 1 cds or more for the first time in the world, late in November of the last year.

The blue light emitting diode consists of a gallium nitride group compound semiconductor ( $\text{In}_a\text{Al}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{N}$ ,  $0 \leq a \leq 1$ ,  $0 \leq b \leq 1$ ,  $a+b \leq 1$ ).

It uses as the double heterostructure which used  $\text{InGa}\text{N}$  for the luminescent layer.

#### [0005]

Gallium nitride group compound semiconductor has been known as a material which has a wide range band gap energy to 6.0 eV ( $\text{AlN}$ ) - 1.95eV ( $\text{InN}$ ).

However, since there was no suitable substrate which carries out a lattice matching to a gallium nitride group compound semiconductor, it was considered that it was hard material for utilisation.

However, since we succeeded in utilisation for the first time using the sapphire substrate which does not carry out a lattice matching, a gallium nitride group compound semiconductor has come to be suddenly exposed to attention.

に窒化ガリウム系化合物半導体  
 が注目を浴びるようになってき  
 た。

【0006】

[0006]

【発明が解決しようとする課  
 題】

窒化ガリウム系化合物半導体は  
 融点が1200℃以上と非常に  
 高く、またダイヤモンドに近い  
 硬度を有する安定な材料であ  
 る。従ってこの材料を用いて受  
 光素子を実現することにより、  
 外部条件の変化に対しても信頼  
 性の高い受光素子を提供するこ  
 とができる。従って本発明はこ  
 のような事情を鑑みなされたも  
 のであり、その目的とするところ  
 は近紫外から赤色領域まで幅  
 広い領域に感度を有し、また信  
 頼性に優れた受光素子を提供す  
 るにある。

[PROBLEM ADDRESSED]

A gallium nitride group compound semiconductor has a melting point very as high as 1200 degree C or more. Moreover it is a stable material which has the hardness near a diamond.

Therefore by materializing a light receiving element using this material, a reliable light receiving element can be provided also to a change of an external condition.

Therefore this invention is made in view of such a situation.

The place made into the objective is to provide the light receiving element which has a sensitivity to an area wide from a near ultraviolet to a red colour area and which was excellent in reliability again.

【0007】

[0007]

【課題を解決するための手段】

本発明の受光素子は窒化ガリウム系化合物半導体よりなる受光素子であって、n型窒化ガリウム系化合物半導体層とp型窒化ガリウム系化合物半導体層との間に、受光層として $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層 ( $0 < x < 1$ ) が挟まれたダブルヘテロ構造を有することを特徴とする。

[SOLUTION OF THE INVENTION]

The light receiving element of this invention is a light receiving element which consists of a gallium nitride group compound semiconductor.

It has the double heterostructure by which the  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer ( $0 < x < 1$ ) was pinched as a light-receiving layer between n-type gallium nitride group compound semiconductor layer and the p-type gallium nitride group compound semiconductor layer.

It is characterized by the above-mentioned.

【0008】

[0008]

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層はn型もしくはp型または半絶縁性のi型い

Any of a n-type, p-type, or i type of half-insulation are sufficient as an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer. In order to make a n-type, the dope of the donor



ずれでもよく、n型にするためにはSi、Ge、Sn、Sb等のドナー不純物をドーピングしてn型にすることができ、p型にするにはZn、Mg、Ca、Sr、Be等のアクセプター不純物をドーピングした後、400℃以上でアニーリングすることによりp型とすることができる。また、i型 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層はアクセプター不純物とドナー不純物を適量ドーピングすることによりできる。

#### [0009]

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層を挟むn型窒化ガリウム系化合物半導体層はインジウムを含まない $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ )であり、同じくp型窒化ガリウム系化合物半導体層も $\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z\text{N}$  ( $0 \leq z \leq 1$ )であることが好ましい。なぜなら、一般に窒化ガリウム系化合物半導体はMOVPE、MBE等の気相成長法で成長される。現在気相成長法で窒化ガリウム系化合物半導体を成長させる際、 $\text{InGa}\text{N}$ 半導体は二元混晶、あるいは三元混晶の $\text{GaAl}\text{N}$ 層の上に積層することにより結晶性、半導体性能に優れた高品質な膜が成長可能となる傾向にある。従って受光素子として実用的な $\text{InGa}\text{N}$ を得るために、クラッド層は $\text{Ga}\text{N}$ 、 $\text{GaAl}\text{N}$ 、 $\text{Al}\text{N}$ のいずれかであることが好ましいからである。また、クラッド層となるn型 $\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 、p型 $\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z\text{N}$ は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層をn型あるいはp型にする方法と同様にして得ることができる。

impurities, such as Si, Ge, Sn, and Sb, can be carried out, and it can make a n-type.

In order to make p-type, after doping acceptor impurities, such as Zn, Mg, Ca, Sr, and Be, it can set as p-type by carrying out an annealing above 400 degree C.

Moreover, an i type  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer is made by carrying out the suitable amount dope of acceptor impurities and the donor impurities.

#### [0009]

The n-type gallium nitride group compound semiconductor layer which pinches an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer is  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) which does not contain an indium.

It is preferable that a p-type gallium nitride group compound semiconductor layer is also  $\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z\text{N}$  ( $0 \leq z \leq 1$ ) similarly.

Because, a gallium nitride group compound semiconductor grows by the vapor growth of MOVPE and MBE etc. generally.

In case a gallium nitride group compound semiconductor is currently grown up by the vapor growth,  $\text{InGa}\text{N}$  semiconductor is in the tendency that the quality film excellent in crystallinity and semiconductor performance can grow, by laminating on  $\text{GaAl}\text{N}$  layer of a binary mixed crystal or a ternary mixed crystal.

Therefore in order to obtain  $\text{InGa}\text{N}$  practical as a light receiving element, a clad layer is because it is preferable that they are  $\text{Ga}\text{N}$ ,  $\text{GaAl}\text{N}$ , or  $\text{Al}\text{N}$ .

Moreover, n-type  $\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$  used as a clad layer and p-type  $\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z\text{N}$  can obtain an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer like the method made into a n-type or p-type.

[0010]

## 【作用】

図1に本願の一実施例に係る受光素子の構造を表す模式断面図を示す。この受光素子はサファイア基板1の上にGa<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>Nよりなるバッファ層2と、n型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>Nよりなるnコンタクト層3と、n型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>Nよりなるnクラッド層4と、In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなる受光層5と、p型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>Nよりなるpクラッド層6と、p型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>Nよりなるpコンタクト層7とを順に積層した構造としている。

[0010]

## [EFFECT]

The model sectional drawing showing the structure of the light receiving element based on one Example of this application is shown in Figure 1.

This light receiving element, On the sapphire substrate 1 The buffer layer 2 which consists of GaN, n contact layer 3 which consists of a n-type GaN, n clad layer 4 which consists of n-type Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N, the light-receiving layer 5 which consists of In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N, p clad layer 6 which consists of p-type Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N, p contact layer 7, which consists of p-type GaN It is setting as the structure which laminated above in order.

[0011]

また図2に本願の他の実施例に係る受光素子の構造を表す模式断面図を示す。この受光素子は図1の受光素子のnクラッド層4を除き、nコンタクト層3（この場合はクラッド層）とpクラッド層6とで受光層5を挟んだ構造としている。

[0011]

Moreover the model sectional drawing showing the structure of the light receiving element based on the other Example of this application is shown in Figure 2.

This light receiving element removes n clad layer 4 of the light receiving element of Figure 1. It sets as the structure which pinched the light-receiving layer 5 in n contact layer 3 (it is a clad layer in this case), and p clad layer 6.

[0012]

n型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N層と、n型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N層とはSiをドーピングしてn型としており、p型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N層とp型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N層とはMgをドーピングした後、700℃でアニーリングしてp型としている。

[0012]

N-type GaN layer and n-type Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N layer carry out the dope of the Si, and is being taken as the n-type.

After p-type Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N layer and a p-type GaN layer dope Mg, the annealing of it is carried out at 700 degree C, and they are being taken as p-type.

[0013]

まずサファイア基板1は周知のように非常に熱に対して安定な材料であり、また十分な硬度を

[0013]

As is well-known, the sapphire substrate 1 is very a stable material to heat first.

Moreover as a substrate which grows up the gallium nitride group compound semiconductor

有しており受光素子に使用する窒化ガリウム系化合物半導体を成長させる基板としては最適である。またサファイア基板 1 の上に成長するバッファ層 2 はそのバッファ層 2 の上に成長する n コンタクト層 3 と同一組成にすることにより、n コンタクト層 3 の結晶性を良くすることができる。例えば MOVPE 法では 900℃ 以下の低温でバッファ層 2 を成長させ、900℃ より高温で n コンタクト層 3 を成長する。MOVPE 法によると最も結晶性に優れた n コンタクト層は GaN である傾向があり、バッファ層は GaN とすることが好ましい。

#### [0014]

次に先にも述べたように、結晶性の良い  $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  層を得て受光層 5 とするために、受光層 5 を挟む n クラッド層 4 および p クラッド層 6 を二元混晶、あるいは三元混晶の GaAlN とする方が好ましい。

#### [0015]

受光層である  $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  層 5 はノンドーパの状態では n 型となり電子キャリア濃度で  $10^{17}/\text{cm}^3 \sim 10^{19}/\text{cm}^3$  を示す。これに前記のようにドナー不純物をドーパして好ましい n 型としても良いし、アクセプター不純物をドーパした後アニールして p 型としても良い。好ましくは PIN 接合型フォトダイオード、あるいは PIN 接合型太陽電池とするため、ノンドーパの  $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  層 5 にア

which it has sufficient hardness and is used for a light receiving element, it is the most suitable.

Moreover by making the same composition as n contact layer 3 which grows on the buffer layer 2, the buffer layer 2 which grows on the sapphire substrate 1 can improve crystallinity of n contact layer 3.

For example, the buffer layer 2 is grown up at low temperature 900 degree C or less at MOVPE method.

N contact layer 3 is grown at high temperature from 900 degree C.

According to MOVPE method, n contact layer which was excellent the most crystalline tends to be GaN.

As for a buffer layer, being performed as GaN is preferable.

#### [0014]

Next it is more preferable to set n clad layer 4 and p clad layer 6 which pinch the light-receiving layer 5 to GaAlN of a binary mixed crystal or a ternary mixed crystal, in order to obtain crystalline good  $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  layer and to use as the light-receiving layer 5, as stated also in advance.

#### [0015]

$\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  layer 5 which is a light-receiving layer becomes a n-type in the state of a non dope, and shows  $10^{17}/\text{cm}^3 \sim 10^{19}/\text{cm}^3$  by the electronic carrier concentration.

The dope of the donor impurities is carried out to this as mentioned above, and it is good also as a preferable n-type.

It anneals, after doping acceptor impurities, and it is good also as p-type.

In order to use as PIN junction type photodiode preferably or PIN junction type solar battery, the dope of the group 2 elements, such as Zn, Cd, Mg, etc. which are acceptor impurities, is carried out to  $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  layer 5 of a non dope, or the dope of the impurities of both

アクセプター不純物であるZn、Cd、Mg等の2族元素をドーブするか、もしくはドナー、アクセプター両方の不純物をドーブして、半絶縁性のi型とする。こうすることにより、PIN構造において逆バイアス下、または逆バイアスなしの状態において空乏層の領域が広がり、感度がpn接合に比べて数倍良くなる。

donor and acceptor is carried out, and it sets as i type of half-insulation.

By carrying out like this, the area of a depletion layer spreads in the bottom of a reverse bias, or the state without a reverse bias in PIN structure. In several times, a sensitivity becomes good compared with a pn junction.

#### [0016]

さらに最上層であるpコンタクト層7はその組成を二元混晶のGaNとすることにより、電極とオーミックコンタクトが得やすくなる傾向にある。nコンタクト層3およびpコンタクト層7に形成した電極には特に符号を付していないが、nコンタクト層3にはTiまたはTiを含む合金、好ましくはTi-Alを使用し、pコンタクト層7にはNiおよびAuを含む合金を使用した方がオーミックコンタクトが得やすい。

#### [0016]

Furthermore by setting the composition to GaN of a binary mixed crystal, p contact layer 7 which is uppermost layer is in the tendency which an electrode and an ohmic contact become easy to obtain.

The code is not attached in particular to the electrode formed on n contact layer 3 and p contact layer 7.

However, it is the alloy which contains Ti or Ti in n contact layer 3.

Those who preferably used Ti-Al and used the alloy which contains Ni and Au in p contact layer 7 tend to obtain an ohmic contact.

#### [0017]

このように本発明の受光素子は安定な窒化ガリウム系化合物半導体を使用し、結晶性の良いInGaNを受光層としたダブルヘテロ構造としているため、信頼性に優れている。

#### [0017]

Thus the light receiving element of this invention uses a stable gallium nitride group compound semiconductor, and since it uses as the double heterostructure which made crystalline good InGaN the light-receiving layer, it is excellent in reliability.

#### [0018]

#### [0018]

#### [実施例]

#### [Example]

**【実施例 1】**

サファイア基板の上にMOVPE法により約500℃～600℃でGa<sub>0.95</sub>Nより成るバッファ層を500オングストロームの膜厚で成長させ、次にGa<sub>0.95</sub>Nバッファ層の上に、1000℃でSiドープn型Ga<sub>0.95</sub>Nクラッド層を4μmの膜厚で成長させる。次にn型Ga<sub>0.95</sub>Nクラッド層の上に、800℃でSiドープn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層を0.1μm成長させ、さらにn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層の上に、1000℃でMgドープi型Ga<sub>0.95</sub>N層を0.4μm成長させる。成長後、窒化ガリウム系化合物半導体を積層した基板をアニーリング装置に移送し、700℃でアニーリングすることにより、Mgドープi型Ga<sub>0.95</sub>N層を低抵抗なp型Ga<sub>0.95</sub>Nとする。

**【0019】**

その後、p型Ga<sub>0.95</sub>N層の表面にマスクを形成し、p型Ga<sub>0.95</sub>N層およびn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N層の一部をエッチングしてn型Ga<sub>0.95</sub>N層を露出させ、p型Ga<sub>0.95</sub>N層の上にNi-Auの合金より成る正電極、n型Ga<sub>0.95</sub>N層の上にTi-Alよりなる負電極を形成し、電極間を直流電流計に接続する。

**【0020】**

以上のようにして得た1mm角の受光素子のp型Ga<sub>0.95</sub>N層の上からキセノンランプ(500W)の白色光を分光して照射し、受光素子の相対感度を測定した。一方比較のため、Siフォトダ

**[Example 1]**

The buffer layer which consists of GaN at 500 degree C - about 600 degree C by MOVPE method on a sapphire substrate is grown up by the 500A film thickness.

Next on GaN buffer layer, a Si dope n-type GaN clad layer is grown up by the 4-micrometre film thickness at 1000 degree C.

Next on a n-type GaN clad layer, 0.1-micrometre Si dope n-type In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N layer is grown up at 800 degree C.

Furthermore 0.4 micrometres of Mg dope i type GaN layers are grown up into a n-type In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N layer top at 1000 degree C.

The substrate which laminated the gallium nitride group compound semiconductor is transferred to an annealing apparatus after the growth.

By carrying out an annealing at 700 degree C, a Mg dope i type GaN layer is made into low-resistant p-type GaN.

**[0019]**

Then, a mask is formed on the surface of a p-type GaN layer.

A part of a p-type GaN layer and n-type In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N layer is etched, and a n-type GaN layer is exposed.

The positive electrode which consists of the alloy of Ni-Au on a p-type GaN layer, and the negative electrode which consists of Ti-Al on a n-type GaN layer are formed, and between electrodes is connected to the DC ampere meter.

**[0020]**

It is above, and it makes, and from on the p-type GaN layer of the light receiving element of obtained 1 mm angle, spectrum of white light of a xenon lamp (500W) is carried out, and it is irradiated.

The relative response of a light receiving element was measured.

イオードと、ダブルヘテロ構造のGaAlAsよりなる太陽電池の分光感度も同様に測定した。図3は照射波長と相対分光感度の関係を示すグラフであり、本発明の受光素子をa、Siフォトダイオードをb、GaAlAs太陽電池をcとして表している。

[0021]

この図を見てもわかるように、bはその感度のピークが960 nm付近にあり、cは845 nm付近にあるので短波長領域の受光感度が悪い。一方本発明の受光素子は380 nm付近に強い受光ピークを示す。しかもこの受光ピークの波長はInGaNのInの組成を変化させることにより、365 nm～635 nm迄自由に変更可能である。なおこの本発明の受光素子の380 nmの実際の感度は、同一面積のSiフォトダイオードの380 nmでの感度の100倍以上であり、また太陽電池としての特性はオープン状態で開放電圧3Vであり、ショート状態でのショート電流100  $\mu$ Aであった。

[0022]

なお実施例ではキセノンランプをp型Ga<sub>0.5</sub>N層側から照射したが、サファイア基板は紫外、青色光に対して透明で光を良く透過することができるので、基板側からでも照射できるという利点を有する。

[0023]

On the other hand, the spectral sensitivity of the solar battery which makes Si photodiode from GaAlAs of a double heterostructure was similarly measured for the comparison.

Figure 3 is a graph which shows the relationship of an irradiation wavelength and a relative spectral sensitivity.

The light receiving element of this invention is shown as an a. Si photodiode is shown as b. GaAlAs solar battery is shown as c.

[0021]

B has 960 nm of the peaks of the sensitivity in the vicinity so that it may find, even when it sees this figure.

Since there is 845 nm of c in the vicinity, its light-receiving sensitivity of a short wave length area is bad.

On the other hand, the light receiving element of this invention shows a light-receiving peak strong near 380 nm.

And by changing the composition of In of InGa<sub>0.5</sub>N, the wavelength of this light-receiving peak is freely alterable to 365 nm - 635 nm.

In addition the actual sensitivity of 380 nm of the light receiving element of this this invention is 100 increment or more with a sensitivity of Si photodiode of the same area in 380 nm.

Moreover the characteristics as a solar battery are opening voltage 3V in the open state.

It was short electric current 100 microns A in a short state.

[0022]

In addition in the Example, the xenon lamp was irradiated from the p-type Ga<sub>0.5</sub>N layer side.

However, since a sapphire substrate can be transparent and can permeate a light well to a ultraviolet and a blue glow, it has the advantage that it can irradiate even from a substrate side.

[0023]

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の受光素子は安定な窒化ガリウム系化合物半導体を用いているために受光素子の信頼性が優れており、さらにInGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>を受光層としたダブルヘテロ構造であるため広い波長域にわたって自由に感度を変えることが可能である。また、サファイア基板を用いることにより、用途に応じて基板側、窒化ガリウム系化合物半導体層側いずれを受光側とすることもできる。このように従来では、短波長領域に感度を有する適当な受光素子がなかったが、本発明の受光素子を用いることにより初めて実現可能となり、その産業上の利用価値は大きい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の一実施例の受光素子の構造を示す模式断面図。

## 【図2】

本発明の他の実施例の受光素子の構造を示す模式断面図。

## 【図3】

受光素子に照射する波長と相対分光感度の関係を示すグラフ図。

## 【符号の説明】

1・・・サファイア基板

## [EFFECT OF THE INVENTION]

As explained above, since the stable gallium nitride group compound semiconductor is used, the light receiving element of this invention is excellent in the reliability of a light receiving element.

Furthermore since it is the double heterostructure which made InGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub> the light-receiving layer, it is possible to change a sensitivity freely over a large wavelength range.

Moreover, a substrate side or a gallium nitride group compound semiconductor layer side can also be made into a light-receiving side depending on a usage by using a sapphire substrate.

Thus there was no suitable light receiving element which has a sensitivity to a short wavelength area conventionally.

However, implementation becomes possible for the first time by using the light receiving element of this invention.

The use value on the industry is large.

## [BRIEF EXPLANATION OF DRAWINGS]

## [FIGURE 1]

Model sectional drawing showing the structure of the light receiving element of one Example of this invention.

## [FIGURE 2]

Model sectional drawing showing the structure of the light receiving element of the other Example of this invention.

## [FIGURE 3]

The graph showing the relationship of the wavelength which irradiates to a light receiving element, and a relative spectral sensitivity.

## [EXPLANATION OF DRAWING]

1\*\*\*\* sapphire substrate

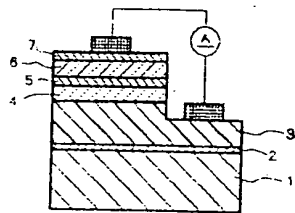
2\*\*\*\* buffer layer

2 . . . . . バッファ層  
 3 . . . . . n コンタクト層  
 4 . . . . . n クラッド層  
 5 . . . . . 受光層  
 6 . . . . . p クラッド層  
 7 . . . . . p コンタクト層

3\*\*\*\*n contact layer  
 4\*\*\*\*n clad layer  
 5\*\*\*\*light reception layer  
 6\*\*\*\*p clad layer  
 7\*\*\*\*p contact layer

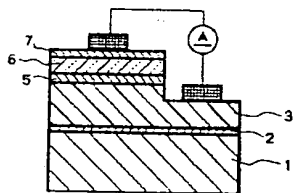
【図 1】

[FIGURE 1]



【図 2】

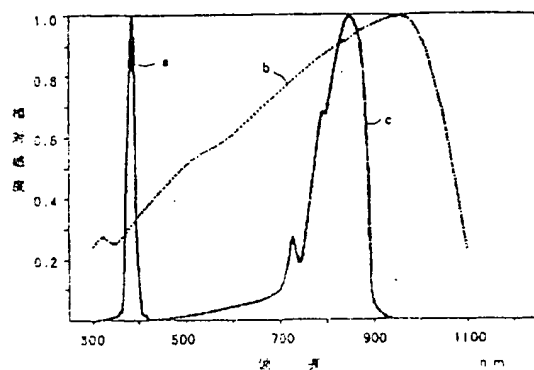
[FIGURE 2]



【図 3】

[FIGURE 3]





## DERWENT TERMS AND CONDITIONS

*Derwent shall not in any circumstances be liable or responsible for the completeness or accuracy of any Derwent translation and will not be liable for any direct, indirect, consequential or economic loss or loss of profit resulting directly or indirectly from the use of any translation by any customer.*

Derwent Information Ltd. is part of The Thomson Corporation

Please visit our home page:

["WWW.DERWENT.CO.UK"](http://WWW.DERWENT.CO.UK) (English)

["WWW.DERWENT.CO.JP"](http://WWW.DERWENT.CO.JP) (Japanese)